



WOOL AND THE CARBON CYCLE

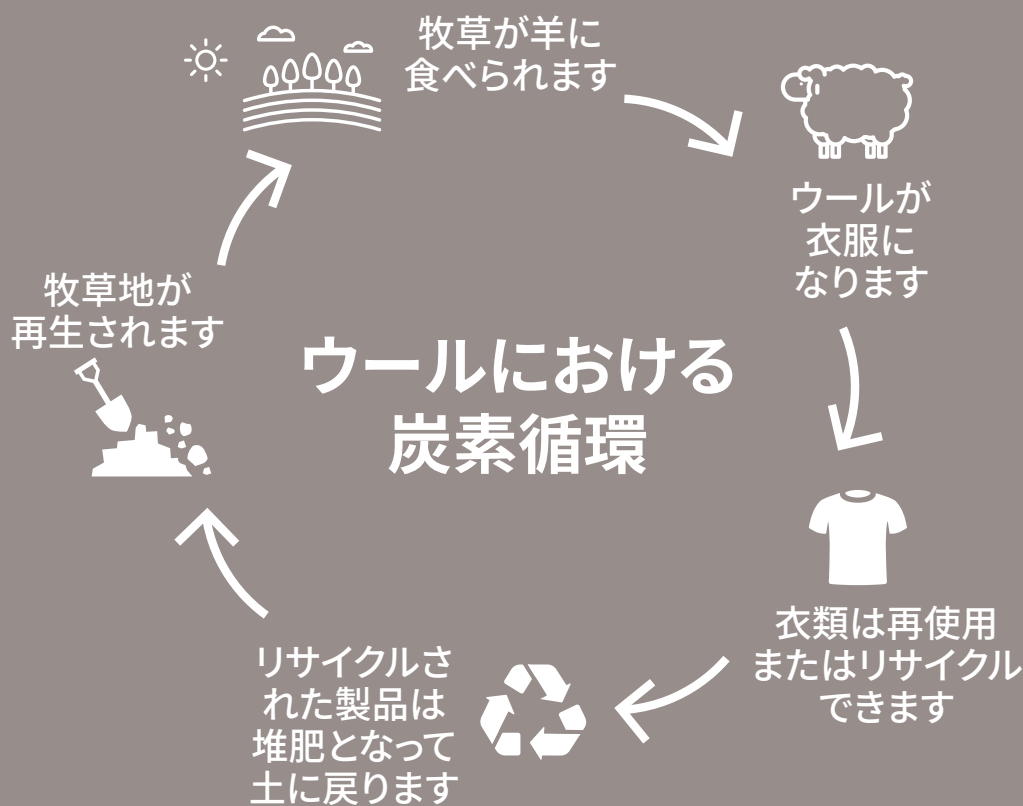
ウールと炭素循環

ウールは大気中の 炭素からできています

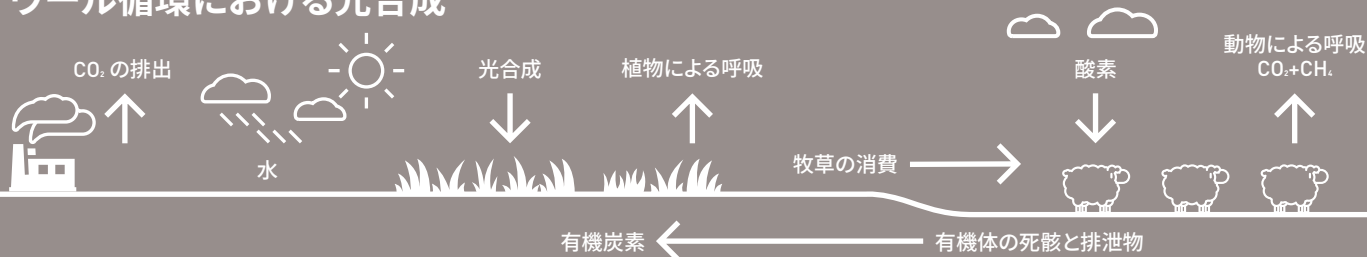
炭素は生物の基盤であり、私たちが毎日使用する製品の重要な構成要素でもあります。多くのテキスタイルや繊維は炭素をベースとした素材から作られていますが、大気中の炭素から作られるものはウールを含めてごく少数に限られています。さらに、ウールは天然の生分解性を持つ物質です。廃棄されたウールは、貴重な栄養素と炭素をゆっくりと放出しながら土に戻ることで肥料として機能します。

これに対して、ポリエステルやアクリルなどの主要な衣料用化学繊維に含まれる炭素は、化石燃料から抽出されたものであり、つまり数百万年前に貯蔵された炭素から生成されたものです。





ウール循環における光合成



ウールに含まれる炭素は天然のものです

ウールに含まれる有機炭素は重量の50%を占め、これはレーヨン、ビスコース、竹などの木材パルプ由来の繊維(42%)やコットン(40%)よりも高い値です。ウールに含まれる炭素は羊が消化する植物原料に由来します。ウール、特にオーストラリア産のウールは、広大な牧草地システムにおいて生産されており、羊の餌は牧草や他の植物が主体となっています。これらの植物は大気中の炭素を吸収し、光合成を経て有機化合物に変換します(光合成は地球上のほとんどの生物の命を支えています)。つまり、刈り取られたばかりのウールに含まれる炭素の大半は、その1~2年前に大気中から吸収されたものであり、天然で再生可能なシステムに組み込まれているということです。

炭素循環に関するウールの重要性

大気中の炭素はウールの内部に短期間蓄えられ、衣類の耐用年数の期間内は強靱で着用可能な形で留まります。ウールは温室効果ガスである二酸化炭素(CO_2)を内部に蓄えるため、衣類が使用されている間はその内部のガスが気候変動の原因となることはありません。二酸化炭素換算($\text{CO}_2\text{-e}$)に変換すると、1kgの洗いあげ羊毛は1.8kgの $\text{CO}_2\text{-e}$ に相当します。この考え方を拡大すると、2016～2017年のオーストラリアにおけるウール刈り取り量は、洗いあげ羊毛の $\text{CO}_2\text{-e}$ として4億1,900万kgを超える量に相当します。この CO_2 は繊維の寿命の間は大気から除去されます。つまり、羊の毛として育ち、ウール製品として使用され、廃棄されてから生分解されるまでの期間です。また多くのウール衣類の寿命はこれよりずっと延びる傾向にあります。これはウールが衣類以外の様々なテキスタイル(例えば、カーペットや家具の布張り)としても使用、またはリサイクルされるためで、それらは多くのウールの衣類よりも長期間使用されるからです。主要な衣料用繊維の中で、ウールは最も再利用・リサイクルされている繊維であり、衣類やマットレス、室内装飾品などのはるかに寿命の長い製品に作り変えることができます。ウールは、未使用繊維における供給量の1.2%のみにもかわらず、慈善事業に寄付される衣服においては約5%を占めることが調査で分かっています。



生分解されたウールに起こること： ウールに含まれた炭素の行方

ウールは自然な炭素循環の一部であることに加えて、化学繊維のようにごみ処理場に溜まることなく、その寿命を終えると自然に分解されて土に還ります。ウールは生分解可能な天然のタンパク質から構成されるので(人間の毛髪と同じ)、廃棄されると肥料として機能し、貴重な栄養素と炭素をゆっくりと放出しながら土に戻ります。これに対して、ポリエステルやアクリルなどの化学繊維は化石燃料から生成されており、つまり再生不能なサイクルの一部と言うことを意味します。化学繊維は生分解性を持たず、ごみ処理地の負担を大きくします。

ウールは生分解可能です

ウールは生分解されやすく、3～4カ月という短時間で分解されますが、分解速度は土壌の種類や条件、気候、ウールの性質によって異なります。いくつかの研究では、土中に埋められたウールはわずか4週間で急速に分解されたという結果が出ています。このプロセスにより窒素や硫黄、炭素などの必須元素が土中に還元され、これらは植物が成長する際に吸収されます。

染色や収縮防止などの加工処理が、ウール生地への分解に対する初期抵抗性を強め、土中の生分解速度に影響を及ぼすことが研究により示されています。しかし、これは短期的な影響であり、通常8週間以上続くことはありません。

詳細については、ファクトシート「ウールは生分解性」を参照してください。



6か月間土中に埋められた後に、ナイロン製のジャージー生地(左)はほぼ変化することなく残っていますが、ウール製のジャージー生地(右)は生分解がかなり進んでいます。

参考文献

ウールは生分解されやすく、3〜4カ月という短時間で分解されますが、分解速度は土壌や気候、ウールの性質によって異なります：

- Hodgson A., Collie S. (December 2014). *Biodegradability of Wool: Soil Burial Biodegradation*. Presented at 43rd Textile Research Symposium in Christchurch – AWI Client Report.

生分解されたウールからは窒素や硫黄、炭素などの必須元素が土中に放出されます。これらの元素は植物が成長する際に吸収されます：

- McNeil et al. (2007). *Closed-loop wool carpet recycling. Resources, conservation & recycling* 51: 220-4.

二酸化炭素換算 (CO₂-e) に置き換えると、1kgの洗いあげ羊毛は1.8kgのCO₂-eに相当します。1原子の炭素はCO₂の分子量の27.3%を占めます。[1 x C原子(分子量12) + 2 x O原子(2 x 分子量16 = 32)。よって、12/(12+32) = 12/44 = 0.273] 従って、1kgの洗いあげ羊毛に相当するCO₂を導出するためには、1kgの洗いあげ羊毛に0.5を掛けて純粋な炭素に変換してから、0.273で割ってCO₂換算に変換します。

主要な衣料用繊維の中で、ウールは地球上で最も再利用とリサイクルが可能な繊維です：

有機炭素はウールの重量の50%を占めます：

- Simmonds, D. *Proceedings of the International Wool Textile Research Conference*, International Wool Textile Research Conference. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing, 1956, C65.
- Hawkesworth, A., *Australasian Sheep and Wool: A Practical and Theoretical Treatise: From Paddock to Loom. From Shearing Shed to Textile Factory*, 1948: p. 91.
- von Bergen, W., *Wool Handbook: A Text and Reference Book for the Entire Wool Industry*. Vol. 1. 1963, New York: John Wiley and Sons Inc. 315-450.
- Causarano, H.J., et al., *Soil organic carbon sequestration in cotton production systems of the southeastern United States*. *Journal of Environmental Quality*, 2006. 35(4): p. 1374-1383.

有機炭素はコットンの重量の40%を占めます: Casuarano, H.J, Franzluebbers, A.J., Reeves, D.W, Shaw, J.N. (2006), *Journal of Environmental Quality*, 35, 1374-1383.

有機炭素はビスコースなどの木材パルプを原料とする繊維の重量の約42%を占めます: ビスコース (C₁₈H₃₂O₁₆) は、セルロースキシラン酸ナトリウムのポリマーであり、セルロースをアルカリと二硫化炭素に反応させて生成されます: Open Chemistry Database, *Compound Summary for CID440950*, 2018, p.1.

2016〜2017年のオーストラリアにおける羊毛刈り取り量は洗いあげ羊毛、のCO₂-eとしては、4億1,900万kgに上りました：

- Hawkesworth, A., *Australasian Sheep and Wool: A Practical and Theoretical Treatise: From Paddock to Loom. From Shearing Shed to Textile Factory*, 1948: p. 91.
- AWTA Key Test Data, 2016-17.

主要な衣料用繊維の中でも、ウールは再利用とリサイクルに最も適した繊維です: Russell SJ et al. Review of wool recycling and reuse. *Proceedings of 2nd International Conference on Natural Fibers*, 2015, 4s.

ウールは、未使用繊維における供給量では1.2%のみにもかわらず、慈善事業に寄付される衣服においては約5%を占めることが調査で分かっています：

- Y Chang, H. L Chen, and S Francis, *Market Applications for Recycled Postconsumer Fibres Family and Consumer Science* 1999. 27(3): p. 320.
- G. D. Ward, A. D. Hewitt, and S. J. Russell, *Proceedings of the ICE. Fibre composition of donated post-consumer clothing in the UK*. 2012 166(1): p. 31.
- Red Book 2016: *Long term global supply/demand update*. PCI Wood Mackenzie.

ポリエステルやアクリル、ナイロンは全て化石燃料由来の炭化水素類やプロピレンから生産されており、つまり再生不能なサイクルの一部ということを意味します。そしてこれらの繊維は生分解性を持ちません：

- Russell, I., *Combined insect-resist and rot resist treatments of wool insulation*. 1992, CSIRO Division of Wool Technology: Australia.
- Szostak-Kotowa, J., *Biodeterioration of textiles International biodeterioration & biodegradation*, 2004. 53(3): p. 165-170.

いくつかの研究では、土中に埋められたウールは急速に分解され、わずか4週間で大幅に重量が低下するという結果が出ました: Hodgson A., Collie S. (December 2014). *Biodegradability of Wool: Soil Burial Biodegradation*. Presented at 43rd Textile Research Symposium in Christchurch – AWI Client Report.

結果は、ウール生地には化学処理が生分解の速度に影響を及ぼすことを示しています (土中埋没試験の結果として)。この短期的な影響は、感受性の上昇よりも、一般的には生地の分解に対する初期抵抗力が増すことによるものです：

- Hodgson A, Collie S. (December 2014). *Biodegradability of Wool: Soil Burial Biodegradation*. Presented at 43rd Textile Research Symposium in Christchurch – AWI Client Report.